

Предложена методика выбора номинальной мощности трансформаторов по условию минимизации потерь электроэнергии в них

УДК 621.327

Ю.В. Владимиров, к.т.н.,

Р.А. Вдовин, к.т.н.

Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,

## ВЫБОР НОМИНАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРОВ С УЧЕТОМ МИНИМИЗАЦИИ ПОТЕРЬ

Выбор номинальной мощности обычно осуществляется с учетом их нагрузочной способности и очень часто с занижением этой номинальной мощности, учитывая по заданным графикам нагрузки потребителя (реальным или расчетным) их перегрузочные способности [1]. При таком методе выбора номинальной мощности трансформатора учитывается только надежность электроснабжения, но не учитывается экономичность их работы с точки зрения минимизации потерь электроэнергии.

В настоящее время при переходе промышленности на энергосберегающий путь развития и с учетом всевозрастающих цен на электроэнергию такой метод выбора номинальной мощности трансформаторов представляется не совсем адекватным современным задачам электроснабжения. Также следует учитывать, что срок эксплуатации силовых трансформаторов, как правило, превышает 10÷20 лет, а иногда и выше, поэтому стоимость потерь в них за этот период может значительно превосходить стоимость самого трансформатора.

Авторами данной статьи были исследованы зависимости потерь в трансформаторах различных исполнений (в частности масляных – типа ТМ, ТДТН; с негорючим жидким диэлектриком – типа ТНЗ, сухих – типа ТС, ТСЗ) от режима их работы.

Данные исследования проводились для трансформаторов различных уровней напряжения и наиболее используемых номинальных мощностей, в частности для трансформаторов с высшим напряжением 110 кВ -  $S_{\text{ном тр}} = 6,3 \text{ МВА}; 10 \text{ МВА}; 16 \text{ МВА}$  и  $25 \text{ МВА}$ ; для трансформаторов 10 кВ -  $S_{\text{ном тр}} = 630 \text{ кВА}; 1000 \text{ кВА}; 1600 \text{ кВА}$  и  $2500 \text{ кВА}$ .

Абсолютные потери в трансформаторах ( $\Delta P_i$ ) в соответствии с [1] определялись как

$$\Delta P_i = \Delta P_{\text{хх}} + \Delta P_{\text{кз}} \left( \frac{S_i}{S_{\text{ном тр}}} \right)^2 \quad (1)$$

где  $\Delta P_{\text{хх}}$  и  $\Delta P_{\text{кз}}$  - паспортные данные исследуемого трансформатора: потери холостого хода и короткого замыкания, соответственно;  $S_i$  - средняя мощность нагрузки трансформатора номинальной мощностью  $S_{\text{ном тр}}$

Расчеты, проведенные для указанных выше трансформаторов позволили построить зависимости величин относительных потерь ( $\Delta P_{\text{отн},i} = \Delta P_i / S_i$ ) от величины коэффициента загрузки трансформатора ( $k_{\text{загр}} = S_i / S_{\text{ном тр}}$ ). На рис.1 в качестве примера приведены такие зависимости для трансформаторов типа ТНЗ-10кВ.

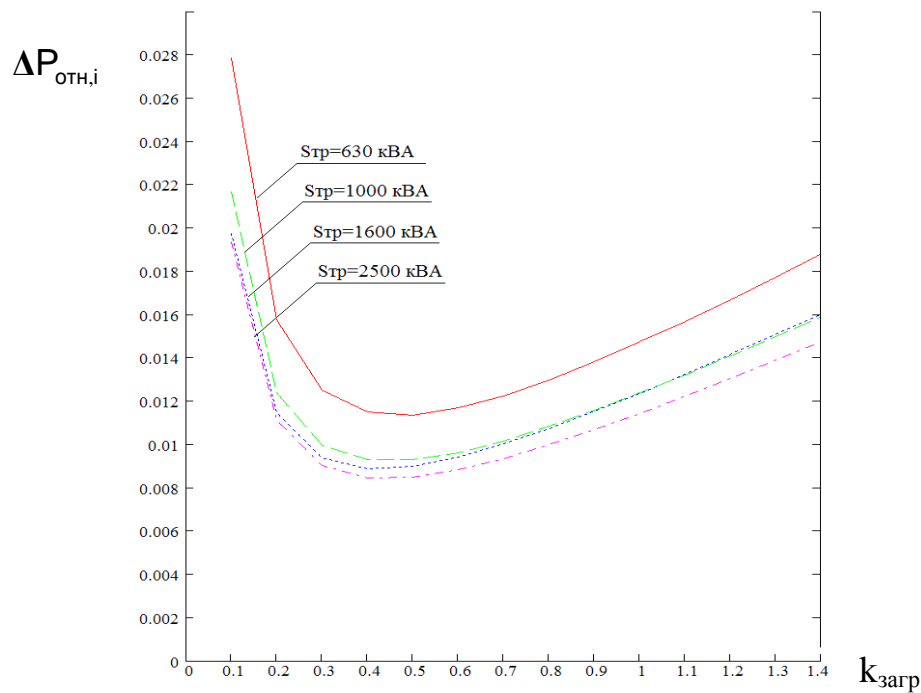


Рис.1. Относительные потери в трансформаторах

Как видно из графиков оптимальная загрузка трансформаторов с точки зрения минимума относительных потерь находится в диапазоне  $k_{\text{загр}} \approx 0,3 \div 0,7$ . При этом относительные потери в трансформаторах при  $k_{\text{загр}} = 0,7$  и  $k_{\text{загр мин}} = 0,3$  примерно равны, но абсолютные потери  $\Delta P$  при  $k_{\text{загр}} = 0,7$  более чем в 2 раза превышают потери  $\Delta P$  при  $k_{\text{загр}} = 0,3$ . Аналогичные результаты получены и для других исследуемых трансформаторов. Результаты проведенных исследований (расчетов) позволяют считать, что в ряде случаев целесообразно завышать номинальную мощность выбираемых трансформаторов и при этом получать экономическую выгоду от уменьшения годовых потерь в трансформаторах (надежность же электроснабжения при этом только повышается).

Согласно рекомендаций [1,2] по выбору номинальных мощностей трансформаторов для главных понизительных подстанций и цеховых подстанций промышленных предприятий

$$S_{\text{ном тр}} \geq \frac{S_{\text{р (см)}}}{n \cdot k_{\text{загр реком}}}, \quad (2)$$

где  $S_{\text{р (см)}}$  - полная расчетная нагрузка подстанции или средняя нагрузка за наиболее нагруженную смену;  $k_{\text{загр реком}}$  - рекомендуемый по условиям надежного электроснабжения коэффициент загрузки трансформаторов;  $n$  - количество трансформаторов на проектируемой подстанции.

По условию же минимизации абсолютных потерь в трансформаторах проектируемой подстанции номинальную мощность трансформаторов следовало бы выбирать по условию

$$S_{\text{ном тр}} \leq \frac{S_{\text{р (см)}}}{n \cdot k_{\text{загр мин}}}, \quad (3)$$

где  $k_{\text{загр мин}}$  – коэффициент загрузки трансформатора, при котором относительные потери в выбираемом трансформаторе будут равны относительным потерям в этом трансформаторе при  $k_{\text{загр реком}}$

Условия выбора номинальной мощности трансформатора (2) и (3) не противоречат друг другу и их можно объединить в следующее условие выбора мощности трансформатора

$$\frac{S_{p(см)}}{n \cdot k_{\text{загр реком}}} \leq S_{\text{ном тр}} \leq \frac{S_{p(см)}}{n \cdot k_{\text{загр мин}}} \quad (4)$$

При таком выборе номинальной мощности трансформатора величине  $S_{\text{ном тр}}$ , как правило, будет соответствовать два значения из шкалы номинальных мощностей трансформаторов  $S_{\text{ном тр1}}$  и  $S_{\text{ном тр2}}$ , где  $S_{\text{ном тр2}}$  соответствует повышенному значению номинальной мощности по сравнению с  $S_{\text{ном тр1}}$  необходимому по условию надежности электроснабжения(2). Окончательный выбор номинальной мощности выбираемого трансформатора следует осуществлять на основе технико-экономического сравнения [3].

Для определения экономической эффективности дополнительных капитальных вложений в трансформатор завышенной номинальной мощности необходимо:

- 1) Определить годовые потери электроэнергии в выбираемых трансформаторах с номинальной мощностью  $S_{\text{ном тр1}}$  и  $S_{\text{ном тр2}}$ , как

$$\Delta W_{\text{тр } j} = \Delta P_{\text{хх } j} \cdot T_{\text{вкл}} + \Delta P_{\text{кз } j} \cdot k_{\text{загр } j}^2 \cdot T_{\text{раб}}, \quad (5)$$

где  $\Delta W_{\text{тр } j}$  - годовые потери электроэнергии в трансформаторах с номинальной мощностью  $S_{\text{ном тр1}}$  и  $S_{\text{ном тр2}}$ , соответственно;  $\Delta P_{\text{хх } j}$  и  $\Delta P_{\text{кз } j}$  - потери х.х. и к.з. этих трансформаторов, соответственно;  $T_{\text{вкл}}$  и  $T_{\text{раб}}$  время нахождения этих трансформаторов под напряжением и время работы этих трансформаторов под нагрузкой в соответствии с графиком нагрузки потребителей;  $k_{\text{загр } j}$  - коэффициент загрузки соответствующих трансформаторов.

После чего определить величину годового уменьшения потерь электроэнергии как

$$\delta W_{\text{год}} = (\Delta W_{\text{тр2}} - \Delta W_{\text{тр1}}) \cdot k_{\text{ф}}^2, \quad (6)$$

где  $k_{\text{ф}}$  -коэффициент формы графика нагрузки потребителя, для которого выбираются трансформаторы, учитывающий увеличение потерь при нестационарности нагрузки .

- 2) Определить простую годовую прибыль  $\Pi_{\text{pt}}$  как стоимость сэкономленных потерь электроэнергии (6)

$$\Pi_{\text{pt}} = \delta W_{\text{год}} \cdot \Pi_{\text{ээ}}, \quad (7)$$

где  $\Pi_{\text{ээ}}$  – тариф за электроэнергию для данного потребителя

- 3) Определить необходимые дополнительные капитальные вложения на покупку более мощного трансформатора с номинальной мощностью  $S_{\text{ном тр2}}$ , как

$$K_{\text{доп}} = C_{\text{тр2}} - C_{\text{тр1}}, \quad (8)$$

где  $C_{\text{тр1}}$  и  $C_{\text{тр2}}$  - стоимость соответствующего трансформатора

- 4) Определить срок простой окупаемости (период простого возврата капитала) [3], как

$$T_{\text{ок}} = K_{\text{доп}} / \Pi_{\text{рт}}. \quad (9)$$

Такой упрощенный подход к определению экономической эффективности выбора трансформаторов по условию минимизации потерь электроэнергии в них не учитывает постоянное увеличение тарифов на электроэнергию, срока службы проекта (т.е. срока эксплуатации трансформатора с уменьшенными потерями на данном объекте) и ряд других факторов, однако в настоящий период времени он применим, поскольку в нынешней экономической ситуации неопределенности на тарифы, цены, налоги, реальной нормы дисконта воспользоваться другими инструментами экономического анализа просто не возможно.

### Выводы.

1. В работе показана целесообразность в ряде случаев выбора номинальной мощности трансформаторов выше необходимой по условию надежности электроснабжения.
2. Предложена методика выбора номинальной мощности трансформаторов с учетом минимизации потерь в них.

### Литература

1. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию в 2т. /Под общ.ред А.А.Федорова. Т 2. Электрооборудование М.: Энергоатомиздат, 1987.-592с.
2. Справочник по проектированию электроснабжения / Под ред.. Ю.Г.Барыбина и др. – М.Энергоатомиздат,1990.-576с.-(электроустановки промышленных предприятий/Под общ. Ред..Ю.Н.Тищенко и др.)
3. Методика ГКД 340.000.002 – 97 Отраслевые руководящие документы. «Определение экономической эффективности капитальных вложений в энергетику»./Минэнерго Украины. – Киев, 1997.-54с. Введены в действие с 01.07.97г.»

## ВИБІР НОМІНАЛЬНОЇ ПОТУЖНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРІВ З УРАХУВАННЯМ МІНІМІЗАЦІЇ ВТРАТ

Ю.В. Владимиров, Р.А. Вдовін

*Запропонована методика вибору номінальної потужності трансформаторів за умовою мінімізації втрат електроенергії в них*

## CHOICE OF NOMINAL POWER OF TRANSFORMERS TAKING INTO ACCOUNT MINIMIZATION OF LOSSES

J.V. Vladimirov, R.A. Vdovin.

*The method of choice of nominal power of transformers is offered on the condition of minimization of losses of electric power in them*